



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0013602
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 03월 05일
Date of Application
MAR 05, 2003

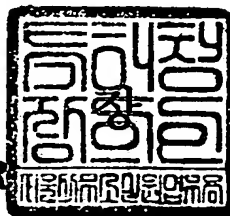
출원인 : 현대자동차주식회사
Applicant(s)
HYUNDAI MOTOR COMPANY



2003 년 06 월 17 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서		
【권리구분】	특허		
【수신처】	특허청장		
【참조번호】	0002		
【제출일자】	2003.03.05		
【발명의 명칭】	병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법 및 그 제어장치		
【발명의 영문명칭】	MOTOR CONTROL METHOD AND SYSTEM FOR PARALLEL HYBRID ELECTRIC VEHICLE		
【출원인】			
【명칭】	현대자동차주식회사		
【출원인코드】	1-1998-004567-5		
【대리인】			
【명칭】	유미특허법인		
【대리인코드】	9-2001-100003-6		
【지정된변리사】	오원석		
【포괄위임등록번호】	2001-042007-3		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	이재왕		
【성명의 영문표기】	LEE, JAE WANG		
【주민등록번호】	710215-1228821		
【우편번호】	445-855		
【주소】	경기도 화성시 장덕동 772-1		
【국적】	KR		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 유미특허법인 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	0	면	0 원

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	10	항	429,000	원
【합계】	458,000	원		
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			

【요약서】

【요약】

본 발명에 의한 엔진 및 상기 엔진에 직결된 모터를 구비하는 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법은,

상기 모터의 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출하는 단계;

상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 가속도 지령(a^*)을 기초로 전향 보상전류(i_{q-FF})를 산출하는 단계;

상기 가속도 지령(a^*)을 기초로 산출되는 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})를 기초로 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 산출하는 단계; 및

상기 최종 전류지령을 기초로 상기 모터를 제어하는 단계를 포함한다.

【대표도】

도 3

【색인어】

하이브리드, 토크리플, 관성 모멘트, 엔진, 모터, 토크, 비례적분 속도 제어기

【명세서】**【발명의 명칭】**

병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법 및 그 제어장치 {MOTOR CONTROL METHOD AND SYSTEM FOR PARALLEL HYBRID ELECTRIC VEHICLE}

【도면의 간단한 설명】

도1은 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 하이브리드 차량의 모터 제어시스템의 블록도이다.

도2는 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 하이브리드 차량의 모터 제어방법의 알고리즘을 보여주는 도면이다.

도3은 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 하이브리드 차량의 모터 제어방법의 순서도이다.

도4의 (a)는 종래의 모터 제어방법을 적용한 경우의 엔진 시동시의 엔진속도 프로파일을 보여주는 그래프이고, 도4의 (b)는 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 모터 제어방법을 적용한 경우의 엔진 시동시의 엔진속도 프로파일을 보여주는 그래프이다.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<5> 본 발명은 병렬형 하이브리드 전기자동차(Parallel Hybrid Electric Vehicle, PHEV)의 모터 제어방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 추정된 모터 관성

모멘트와 가속도 지령을 기초로 모터의 속도를 제어하는 모터 제어방법 및 그 장치에 관한 것이다.

- <6> 병렬형 하이브리드 전기자동차의 엔진(4기통 4행정 기준)은 흡입, 압축, 폭발, 및 배기의 4행정을 거치며, 단일 실린더를 기준으로 특정 토크 프로파일(profile)을 가진다.
- <7> 압축행정 동안에는 평균 발생토크의 수배에 해당하는 음(negative) 토크가 발생하고, 폭발행정에서는 평균 발생토크의 수십배에 이르는 양의 토크가 발생한다. 4개의 실린더에서 발생하는 토크는 서로 동일한 프로파일을 가지면서 그 위상이 180도 차이가 나므로, 이들을 통합하여 보면 평균 발생토크에 대비하여 무시할 수 없는 토크 리플(torque ripple)이 최종 출력에 포함된다. 이는 크랭크축 각속도 변동으로 나타나고, 궁극적으로는 NVH 특성을 저하시키는 주된 원인으로 작용하게 된다.
- <8> 병렬형 하이브리드 전기자동차에서는, 엔진의 크랭크축에 직결된 모터를 제어하여 시동모터에 의한 엔진 시동시 엔진에 의해 유발된 토크 리플에 대한 역토크(counter-torque)를 발생하도록 함으로써, 시동시간을 단축하고 보다 부드러운 시동 특성을 구현할 수 있게 된다.
- <9> 이러한 방법을 이용하여 엔진의 속도변동을 기초로 토크 리플을 추정하고 위상이 정반대인 역토크를 정확히 보상하면 소정의 목표를 달성할 수 있으나, 인가시간의 동기화의 문제점에 의해 오히려 토크리플을 크게 증가시키는 결과를 낳을 수 있는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <10> 본 발명은 상기 전술한 바와 같은 문제점들을 해결하기 위해 창출된 것으로서, 가속도지령과 추정 모터 관성 모멘트를 기초로 산출된 전류신호를 이용하여 모터를 제어함으로써, 엔진 토크리플을 효과적으로 저감할 수 있는 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법 및 그 제어장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <11> 본 발명의 바람직한 실시예에 의한, 엔진 및 상기 엔진에 직결된 모터를 구비하는 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법은,
- <12> 상기 모터의 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출하는 단계;
- <13> 상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 가속도 지령(a^*)을 기초로 전향 보상전류(i_{q-FF})를 산출하는 단계;
- <14> 상기 가속도 지령(a^*)을 기초로 산출되는 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})를 기초로 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 산출하는 단계; 및
- <15> 상기 최종 전류지령을 기초로 상기 모터를 제어하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- <16> 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})는, 다음의 식에 의한 값으로 산출되는 것이 바람직하다.
- <17>
$$\hat{J}_{eq} = \frac{1}{1 + \tau s} \times \frac{T_e}{d\omega_m / dt}$$
- <18> 여기서, τ 는 시정수이고, T_e 는 모터 발생토크이며, ω_m 은 실제 모터속도이다.

- <19> 전향 보상전류(i_{q-FF})는, 다음의 식에 의한 값으로 산출되는 것이 바람직하다.
- <20>
- $$i_{q-FF} = a^* \times \frac{\hat{J}_{eq}}{K_T}$$
- <21> 여기서, a^* 는 가속도 지령이며, \hat{J}_{eq} 는 추정 관성 모멘트이고, K_T 는 모터 토크상수이다.
- <22> 상기 최종 전류지령(i_{qs}^*)은, 상기 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})의 합으로 산출되는 것이 바람직하다.
- <23> 상기 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})는, 상기 가속도 지령(a^*)으로부터 산출되는 속도지령(ω_m^*)과 실제속도(ω_m)와의 차이에 따르는 값으로 산출되는 것이 바람직하다.
- <24> 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 의한 하이브리드 전기자동차의 모터 제어장치는,
- <25> 하이브리드 전기자동차의 엔진에 직결된 모터; 및
- <26> 상기 모터를 제어하는 모터제어유닛을 포함하며,
- <27> 상기 모터제어유닛은,
- <28> 상기 모터의 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출하고, 상기 산출된 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 가속도 지령(a^*)을 기초로 상기 모터를 제어하기 위한 전류지령(i_{qs}^*)을 산출하는 것이 바람직하다.
- <29> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조로 설명한다.
- <30> 도1에 도시된 바와 같이, 병렬형 하이브리드 전기자동차의 동력시스템(100)은, 구 동력을 발생하는 엔진(10)과 모터(12)를 포함한다.

- <31> 엔진(10)은 연료의 연소를 통하여 화학적 에너지를 기계적 에너지로 변환하며, 모터(12)는 배터리(14)의 전기에너지를 이용하여 기계적 에너지를 생성한다.
- <32> 엔진(10)과 모터(12)에 의해 발생된 회전운동은 변속기(16)에서 원하는 회전속도로 변속된 후, 휠(18)에 전달되어 차량을 구동하게 된다.
- <33> 한편, 병렬형 하이브리드 전기자동차의 동력시스템(100)은 복수개의 제어유닛들을 포함하는데, 엔진(10)을 제어하는 엔진제어유닛(20; Engine Control Unit, ECU), 모터제어유닛(22; Motor Control Unit, MCU), 배터리(14)의 작동을 제어하는 배터리관리시스템(24; Battery Management System, BMS), 하이브리드 차량 제어유닛(26; Hybrid Vehicle Control Unit, HVCU), 및 변속기(16)를 제어하는 변속기제어유닛(28; Transmission Control Unit, TCU)을 포함한다.
- <34> 각각의 제어유닛들은 마이크로프로세서, 메모리, 및 관련 하드웨어와 소프트웨어를 포함하고, 이하에서 설명할 본 발명의 제어방법을 수행하도록 프로그램된다.
- <35> 이하에서 기술할 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 모터 제어방법은 모터제어유닛(22)에 의해 수행되는 것이 바람직하나, 하이브리드 차량 제어유닛(26)에 의해 수행되어도 무방함은 물론이다.
- <36> 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법은, 관성추정과 가속도 전향보상에 기초한다.
- <37> 도2에 도시된 바와 같은 본 발명의 실시예에 의한 모터 제어 알고리즘은 MCU(22)에 의해 수행되는 것이 바람직하다.

- <38> MCU(22)는 주어진 가속도 지령(a^*)과 추정된 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 기초로 전향 보상전류(i_{q-FF})를 구한다.
- <39> 먼저, MCU(22)는 적분기(31)를 이용하여 가속도지령(a^*)으로부터 속도지령(ω_m^*)을 산출한다.
- <40> 비례적분(proportional-integral, PI) 속도 제어기(32)는 속도지령(ω_m^*)과 실제속도(ω_m)의 차이를 입력으로 하여 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})를 생성한다.
- <41> 비례적분 속도 제어기(32)의 이득은 모터 관성 모멘트, 모터 토크상수 등의 함수이며, 다음 식1과 같다.
- <42> [식1]
- <43>
$$G_{sc}(s) = K_{ps} + \frac{K_{is}}{s}$$
- <44> 여기서, K_{ps} 는 PI 속도 제어기의 비례 게인(proportional gain, P gain)으로 $K_{ps} = \frac{J_{eq}\omega_{sc}}{K_T}$ 이며, K_{is} 는 PI 속도 제어기의 적분 게인(integral gain, I gain)으로 $K_{is} = K_{ps}\omega_{pi}$ 이다.
- <45> 또한, ω_{sc} 는 PI 속도 제어기의 제어주파수 대역(Bandwidth)이고, ω_{pi} 는 PI 속도 제어기의 절점 주파수(cut-off frequency)이다.
- <46> ω_{sc} 를 크게 설정하면, PI 속도 제어기의 이득이 커져 응답성이 좋아진다. 그러나, 일반적으로 PI 속도 제어기의 이득은 시스템의 특성에 의해 그 값이 제한된다. 즉, 응답성을 좋게 하기 위해 ω_{sc} 를 크게 하면 시스템이 발산할 가능성이 있다.

- <47> 또한, 비례적분 속도 제어기의 제어주기는 2 msec로 할 수 있으나, 이에 한정되지 아니함은 물론이다.
- <48> 비례적분 속도 제어기(32)가 속도지령(ω_m^*)과 실제속도(ω_m)의 차이를 입력으로 하여 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})를 생성하는 것은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 자명하므로, 이에 대한 더욱 상세한 설명은 생략한다.
- <49> 그리고, 다음 식2에 나타난 바와 같이, 최종 전류지령(i_{qs}^*)는 전향 보상전류(i_{q-FF})와 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})의 합에 의해 산출된다.
- <50> [식2]
- <51>
$$i_{qs}^* = i_{q-PI} + i_{q-FF}$$
- <52> 모터의 토크식과 기계적인 시스템 방정식인 다음 식3에 의해 전향 보상전류(i_{q-FF})를 다음 식4와 같이 산출한다.
- <53> [식3]
- <54>
$$T_e = K_T \times i_{qs} = J_{eq} \times \frac{d\omega_m}{dt}$$
- <55> [식4]
- <56>
$$i_{q-FF} = a^* \times \frac{\hat{J}_{eq}}{K_T}$$
- <57> 여기서, T_e 는 모터 발생토크이고, \hat{J}_{eq} 는 추정 모터 관성 모멘트이며, K_T 는 는 모터 토크상수이고, a^* 는 가속도 지령이다.

<58> 차량은 정지상태에 있으므로, 변속기의 클러치가 분리되어 있기 때문에 구동시스템의 관성은 모터의 회전자와 엔진의 크랭크 샤프트에 의한 관성이 대부분이다. 또한, 각종 베어링에서의 마찰요소, 그리고 실린더 블록과 피스톤 사이의 마찰성분은 관성성분에 비해 무시할 수 있다고 가정하였다.

<59> 그리고, 식4의 전향 보상전류(i_{q-FF})를 구하기 위해서는 가속도 지령(a^*)과 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq}), 및 모터 토크상수(K_T)가 필요하다. 가속도 지령(a^*)과 모터 토크상수(K_T)는 주어진 값이고, 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})는 다음 식5에 의해서 산출한다.

<60> [식5]

$$\hat{J}_{eq} = \frac{1}{1 + \tau s} \times \frac{T_e}{d\omega_m / dt}$$

<62> 여기서, τ 는 저역통과필터(33)의 시정수(time constant)이다.

<63> 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출함에 있어서, 신호에 포함된 고주파 노이즈 성분을 제거하기 위해 저역통과필터(33; Low-Pass Filter, LPF)를 추가하였다. 저역통과필터의 출력은 입력신호에 대비하여 지연요소를 가지고 있으나, 시스템의 특성상 시간에 따른 관성의 변동은 크지 않으므로 저역통과필터(33)의 사용으로 인한 시간지연의 영향은 무시할 수 있다

<64> 식5에 의해 구해지는 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 식4에 대입하면, 전향 보상전류(i_{q-FF})를 구할 수 있다. 그리고, 구해진 전향 보상전류(i_{q-FF})를 식2에 대입하여 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 산출할 수 있다.

- <65> 이와 같이 산출된 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 이용하여 모터(12)를 제어함으로써, 엔진의 토크리플을 효과적으로 감소시킬 수 있다.
- <66> 본 발명의 실시예에 의한 엔진 속도 제어방법은, 속도변동에 의한 토크리플이 모터 관성 모멘트의 순시적 변화에 기인한다는 점에 착안하여, 모터 관성 모멘트를 정확히 추정하고 이를 이용하여 전향 보상전류를 순시적으로 가변시킨다.
- <67> 토크리플이 증가하는 경우, 추정 모터 관성 모멘트가 이에 비례하여 증가하게 되므로 비례적분 속도 제어기의 출력에 더해지는 전향 보상전류가 커지게 된다.
- <68> 따라서, 토크리플에 의한 속도 변동을 감소시킴으로써, 전체시스템의 변화없이 우수한 속도응답 특성을 얻을 수 있게 된다.
- <69> 도3을 참조하여, 본 발명의 실시예에 의한 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법을 설명하면 다음과 같다.
- <70> 우선, MCU(22)는 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})를 산출한다 (S310). 이를 위해, 가속도지령(a^*)과 속도지령(ω_m^*)을 각각 생성한다 (S311, S313). 그리고, 비례적분 속도 제어기(32)는 속도지령(ω_m^*)과 실제속도(ω_m)의 차이를 입력으로 하여 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})를 계산한다 (S315).
- <71> 그리고, MCU(22)는 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 계산하고 (S320), 계산된 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 기초로 전향 보상전류를 계산한다 (S330).
- <72> 추정 모터 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 계산하기 위하여, 토크리플 성분이 포함된 모터속도(ω_m)를 입력받고 (S321), 이를 이용하여 모터 발생토크(T_e)를 계산한다. 그리고

나서, 계산된 모터 발생토크(T_e)와 가속도지령(a^*)을 기초로 하여, 전향 보상전류(i_{q-FF})를 계산한다.

<73> 그리고 나서, MCU(22)는 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 전향 보상전류(i_{q-FF})의 합에 의해 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 계산하고 (S340), 계산된 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 이용하여 모터를 제어한다 (S350).

<74> 도4의 (b)는 본 발명의 실시예에 의한 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어 방법을 적용한 경우의 엔진속도 변화를 보여주고 있으며, 실제 엔진속도는 속도지령에 근사함을 알 수 있다. 그리고, 종래의 엔진속도 제어방법에 의한 엔진속도의 변화를 보여주는 도4의 (a)와 비교할 때, 시동시간(아이드 속도까지 상승하는 시간)이 단축되며, 오버슈트가 감소되어 속도 응답특성 또한 개선됨을 알 수 있다.

<75> 이와 같은, 속도 응답특성의 개선은 엔진의 토크리플에 의한 속도변동을 저감시키는 NVH 특성 개선으로 이어져, 궁극적으로 차량 승차감 개선의 효과를 얻을 수 있다.

【발명의 효과】

<76> 상기와 같은 본 발명의 실시예에 의한 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터제어방법 및 그 제어장치는, 추정된 모터의 관성 모멘트와 가속도지령을 기초로 산출되는 전향 보상전류를 이용하여 모터를 제어함으로써, 엔진 토크리플을 효과적으로 감소할 수 있다. 그 결과, 시동시 발생하는 엔진속도 오버슈트를 줄일 수 있고, 또한, 속도 응답특성이 개선된다.

<77> 상기에서 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기본적인 개념에 대해 다양한 변형이나 수정

이 가능하다는 것을 쉽게 알 수 있으며, 이러한 변형이나 수정은 본 발명의 보호범위에 속하는 것은 자명하다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

엔진 및 상기 엔진에 직결된 모터를 구비하는 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어방법으로서,

상기 모터의 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출하는 단계;

상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 가속도 지령(a^*)을 기초로 전향 보상전류(i_{q-FF})를 산출하는 단계;

상기 가속도 지령(a^*)을 기초로 산출되는 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})를 기초로 최종 전류지령(i_{qs}^*)을 산출하는 단계; 및

상기 최종 전류지령을 기초로 상기 모터를 제어하는 단계를 포함하는 모터 제어방법.

【청구항 2】

제1항에서, 상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})는, 다음의 식에 의한 값으로 산출되는 모터 제어방법.

$$\hat{J}_{eq} = \frac{1}{1 + \tau s} \times \frac{T_e}{d\omega_m / dt}$$

(여기서, τ 는 시정수이고, T_e 는 모터 발생토크이며, ω_m 은 실제 모터속도이다.)

【청구항 3】

제1항에서, 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})는, 다음의 식에 의한 값으로 산출되는 모터 제어방법.

$$i_{q-FF} = a^* \times \frac{\hat{J}_{eq}}{K_T}$$

(여기서, a^* 는 가속도 지령이며, \hat{J}_{eq} 는 추정 관성 모멘트이고, K_T 는 모터 토크상수이다.)

【청구항 4】

제1항에서, 상기 최종 전류지령(i_{qs}^*)은,

상기 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})와 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})의 합으로 산출되는 것을 특징으로 하는 모터 제어방법.

【청구항 5】

제1항에서, 상기 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})는,

상기 가속도 지령(a^*)으로부터 산출되는 속도지령(ω_m^*)과 실제속도(ω_m)와의 차이에 따르는 값으로 산출되는 모터 제어방법.

【청구항 6】

하이브리드 전기자동차의 엔진에 직결된 모터; 및

상기 모터를 제어하는 모터제어유닛을 포함하는 병렬형 하이브리드 전기자동차의 모터 제어 장치로서,

상기 모터제어유닛은,

상기 모터의 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})를 산출하고, 상기 산출된 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 가속도 지령(a^*)을 기초로 상기 모터를 제어하기 위한 전류지령(i_{qs}^*)을 산출하는 것을 특징으로 하는 모터 제어장치.

【청구항 7】

제6항에서, 상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})는,

다음의 식에 의한 값으로 산출되는 모터 제어장치.

$$\hat{J}_{eq} = \frac{1}{1 + \tau s} \times \frac{T_e}{d\omega_m / dt}$$

(여기서, τ 는 시정수이고, T_e 는 모터 발생토크이며, ω_m 은 실제 모터속도이다.)

【청구항 8】

제6항에서, 상기 전류지령(i_{qs}^*)은,

상기 추정 관성 모멘트(\hat{J}_{eq})와 상기 가속도 지령(a^*)으로부터 산출되는 전향 보상 전류(i_{q-FF})와, 속도지령과 현재속도의 차이에 따르는 비례적분 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})의 합에 의한 값으로 산출되는 것을 특징으로 하는 모터 제어장치.

【청구항 9】

제8항에서, 상기 전향 보상전류(i_{q-FF})는,

다음의 식에 의한 값으로 산출되는 모터 제어장치.

$$i_{q-FF} = a^* \times \frac{\hat{J}_{eq}}{K_T}$$

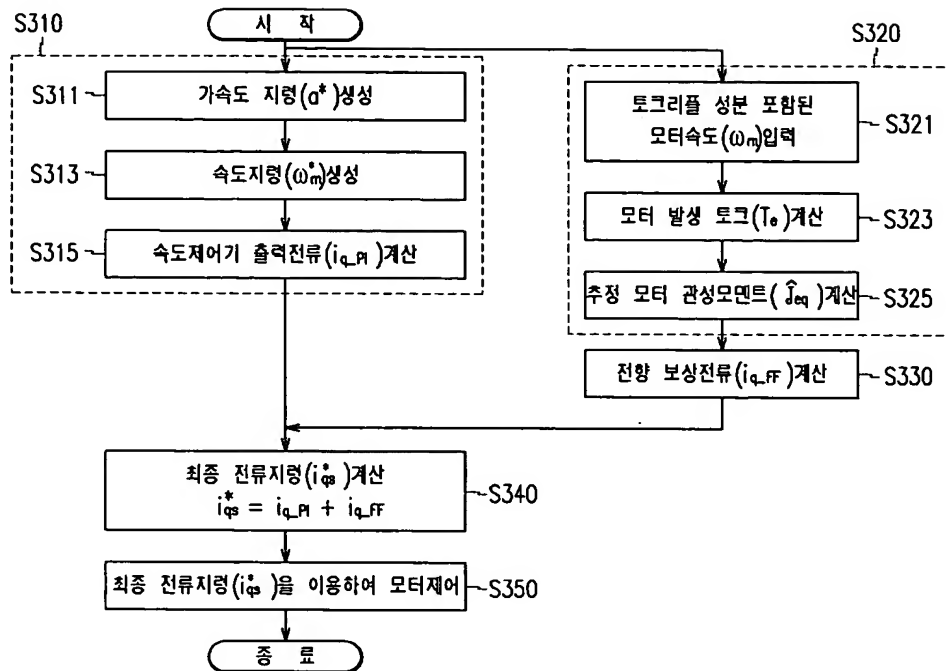
(여기서, a^* 는 가속도 지령이며, \hat{J}_{eq} 는 추정 관성 모멘트이고, K_T 는 모터 토크상수이다.)

【청구항 10】

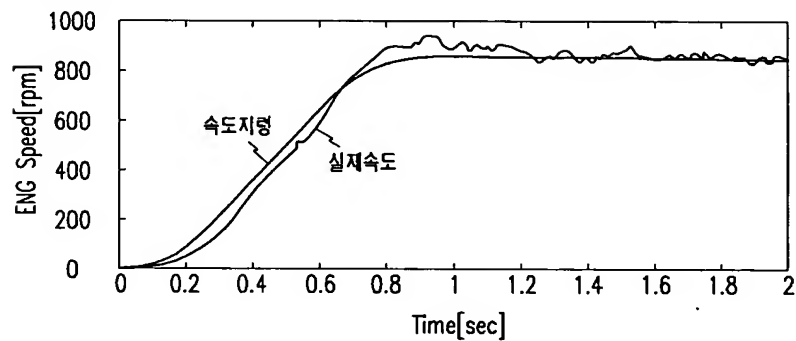
제8항에서, 상기 비례적분 속도 제어기 출력전류(i_{q-PI})는,

상기 가속도 지령(a^*)으로부터 산출되는 속도지령(ω_m^*) 과 실제속도(ω_m)와의 차이에 따르는 값으로 산출되는 모터 제어장치.

【도 3】



【도 4a】



【도 4b】

